

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-78193

(43) 公開日 平成8年(1996)3月22日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H05H 1/46

M 9216-2G

L 9216-2G

C23C 16/50

C23F 4/00

A 9352-4K

H01L 21/302

C

審査請求 有 請求項の数14 O L (全15頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-165624

(22) 出願日 平成7年(1995)6月30日

(31) 優先権主張番号 特願平6-149273

(32) 優先日 平6(1994)6月30日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72) 発明者 牛越 隆介

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 梅本 鋌一

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

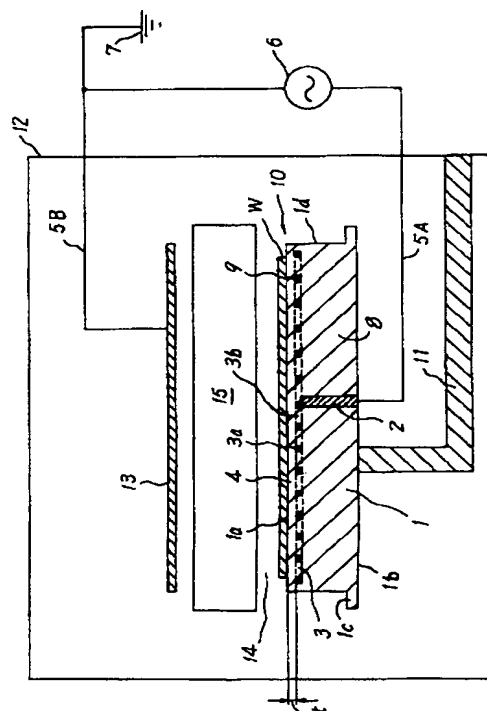
(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ発生電極装置およびプラズマ発生装置

(57) 【要約】

【目的】 発生したプラズマに対して十分な耐蝕性を備え、プラズマシースを安定に生成させ、エッチング、CVD、PVD等の各処理を、サセプターの全面にわたって安定に実施できるようなプラズマ発生電極装置を提供する。

【構成】 緻密質セラミックスからなる基体1と、基体1中に埋設された電極9とを備えており、電極9と基体1のプラズマ発生側の表面1aとの間に存在する電磁波透過層4の厚さの最小値が0.1mm以上である。好ましくは、電磁波透過層4の厚さの平均値が0.5mm以上であり、電磁波透過層4の厚さの平均値が5.0mm以下であり、電極9が金属バルク体からなる面状の電極であり、電極を包囲する基体1が、接合面のない一体焼結品である。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】緻密質セラミックスからなる基体と、この基体中に埋設された電極とを備えているプラズマ発生電極装置であって、この電極と前記基体のプラズマ発生側の表面との間に存在する電磁波透過層の厚さの最小値が 0.1 mm 以上であることを特徴とする、プラズマ発生電極装置。

【請求項 2】前記電磁波透過層の厚さの平均値が 0.5 mm 以上であることを特徴とする、請求項 1 記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 3】前記電磁波透過層の厚さの平均値が 5.0 mm 以下であることを特徴とする、請求項 1 又は 2 記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 4】前記電極が導電性材料のバルク体からなる電極であり、この電極を包囲する前記基体が、接合面のない一体焼結品であることを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれか一つの項に記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 5】前記電極が導電性材料のバルク体からなる電極であり、この電極から見て前記基材の前記表面側と背面側との間に連通している空間が前記電極に設けられており、この空間に前記緻密質セラミックスが充填されていることを特徴とする、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つの項に記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 6】前記電極が、導電性材料の繊維または小片が互いに分離しないように一体化された結合体からなることを特徴とする、請求項 5 記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 7】前記電極が誘導結合型のプラズマ発生用電極であることを特徴とする、請求項 1 ～ 6 のいずれか一つの請求項に記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 8】前記基体の中に、高融点金属からなる抵抗発熱体が埋設されており、この抵抗発熱体に電力を供給することによって、前記基体のプラズマ発生側の表面を発熱させうように構成されていることを特徴とする、請求項 1 ～ 7 のいずれか一つの請求項に記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 9】前記プラズマ発生電極装置が、ハロゲン系腐食性ガスを使用する半導体製造装置内に設置し、このハロゲン系腐食性ガスに高周波電力を印加して前記腐食性ハロゲンガスのプラズマを発生させるために使用されるプラズマ発生電極装置である、請求項 1 ～ 8 記載のいずれか一つの請求項に記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 10】前記基体が窒化物系セラミックスによって形成されていることを特徴とする、請求項 1 ～ 9 のいずれか一つの項に記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 11】前記基体のうち少なくとも前記電磁波透過層が窒化アルミニウムからなり、この窒化アルミニウムの誘電体損失  $\tan \delta$  が  $10^{-2}$  以下であり、かつ耐熱衝撃性  $\Delta T c$  が  $250^{\circ}C$  以上であることを特徴とする、請求項 10 記載のプラズマ発生電極装置。

2

【請求項 12】前記窒化アルミニウムにおけるアルミニウム以外の金属元素の含有量が 1 % 以下であり、相対密度が 99 % 以上であることを特徴とする、請求項 11 記載のプラズマ発生電極装置。

【請求項 13】請求項 1 記載のプラズマ発生電極装置、このプラズマ発生電極装置の前記電極と対向する位置に設けられた対向電極、および前記プラズマ発生電極装置の電極と前記対向電極とに対して電力を供給するための高周波電源を備えていることを特徴とする、プラズマ発生装置。

【請求項 14】請求項 7 記載のプラズマ発生電極装置およびこのプラズマ発生電極装置の前記電極に対して電力を供給するための高周波電源とを備えていることを特徴とする、プラズマ発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造装置等の中でプラズマを発生させるための装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】スーパークリーン状態を必要とする半導体製造用装置では、デポジション用ガス、エッチング用ガス、クリーニング用ガスとして、塩素系ガス、弗素系ガス等のハロゲン系腐食性ガスが使用されている。このため、ウエハーをこれらの腐食性ガスに接触させた状態で加熱するための加熱装置として、抵抗発熱体の表面をステンレススチール、インコネル等の金属により被覆した従来のヒーターを使用すると、これらのガスの曝露によって、塩化物、酸化物、弗化物等の粒径数  $\mu m$  の、好ましくないパーティクルが発生する。

【0003】このため、例えば低温で使用されるエッチャーや CVD 装置では、図 15 に模式的に示すように、デポジション用ガス等に曝露されるチャンバー 12 の外側に石英窓 34 を介して赤外線ランプ 35 を設置し、チャンバー 12 内にアーム 11 を介して、例えばアルミニウムからなるサセプター 33 を設置し、赤外線ランプ 35 によってサセプター 33 を加熱し、さらにサセプター 33 上に載置したウエハー W を間接的に加熱する構造をとっていた。これと同時に、金属製のサセプター 33 をプラズマ発生用の電極として使用し、サセプター 33 に直接高周波電力を供給してチャンバー 12 内でプラズマを発生させ、ウエハー W に半導体膜を形成したり、クリーニングを行ったりしていた。この際、アルミニウム製のサセプター 33 では、サセプター 33 の表面にアルマイト処理によって厚さ  $10 \mu m$  程度のアルミナ製絶縁膜を設け、絶縁膜の上にウエハー W を載置することにより、ウエハー W に対して直接高周波電力が加わることを防止していた。なお、高周波放電においては、電流放電とは異なり、一方の電極への電荷の流れはないため、この絶縁膜は、一定の電荷によってチャージされた状態

10

20

30

40

50

を、プラズマ中で保持している。

【0004】また、いわゆる誘導結合型のプラズマ発生装置が知られている。これは、例えば円筒形状の絶縁体の外側周面に、低抵抗材料製の線材からなるコイルを巻き付け、このコイルに高周波電力を供給し、絶縁体の内部にプラズマを発生させるものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来例では、サセプター 33 が金属製であるため、高温プロセスにおいて金属よりの汚染が生ずる問題があった。特に、アルミニウム製のサセプター 33 の場合には、Mg のコンタミネーションが問題となっていた。また、物理的気相成長 (PVD 法)、化学的気相成長 (CVD 法)、エッチング装置等において、プラズマを発生させる際に、前記した絶縁膜は、一定の電荷によってチャージされた状態を保持しているが、電離したイオン及び電子がこのチャージされた絶縁膜に衝突するので、絶縁膜がダメージを受ける。特にアルマイト製の絶縁膜は、緻密ではないし、高々  $10\mu\text{m}$  程度の厚さしか有していないので、寿命が短かった。特に、ハロゲン系腐食性ガスを使用する CVD 装置、エッチング装置等においては、寿命が短いので、交換を頻繁に行う必要があった。特に、アルミニウム等の金属材料は、こうしたハロゲン系腐食性ガスのプラズマによってひどく腐食され、サセプターとして使用できないほど変形している状況であった。

【0006】しかも、本発明者が検討を進めるうちに、更に次の問題があることを発見した。即ち、上記のようにプラズマを使用しているプロセスにおいては、第一にガス分子を解離させ、反応性の高いイオンと電子とに分離させてプラズマ領域を生成させる。このときに電離した電子は、質量が小さいので、イオンに比べると高速度で移動し、高周波電極の近くに、電子の密度が少ない領域が生成する。この電子密度が少ない領域をプラズマシースと呼んでいる。プラズマ中のイオンを、プラズマシースの電位によって加速し、加速されたイオンをウエハーの表面に衝突させる。このイオンの種類を変更することによって、エッチング、CVD、PVD の各処理を行っている。

【0007】しかし、前記したようにアルマイト処理したアルミニウム製サセプター等を使用した場合には、プラズマシースが安定に生成せず、この結果プラズマ放電が安定に行われなかったことがあった。この結果、エッチング、CVD、PVD の各処理を、サセプターの全面にわたって安定に実施できないことがあった。

【0008】本発明の課題は、発生したプラズマに対して十分な耐蝕性を備えたプラズマ発生電極装置を提供することである。また、本発明の課題は、プラズマシースを安定に生成させ、これによってプラズマ放電を安定させ、エッチング、CVD、PVD 等の各処理を、サセプ

ターの全面にわたって安定に実施できるようにすることである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係るプラズマ発生電極装置は、緻密質セラミックスからなる基体と、この基体中に埋設された電極とを備えており、この電極と基体のプラズマ発生側の表面との間に存在する電磁波透過層の厚さの最小値が  $0.1\text{mm}$  以上であることを特徴とする。

【0010】また、本発明は、このプラズマ発生電極装置に加えて、このプラズマ発生電極装置の電極と対向する位置に設けられた対向電極、およびプラズマ発生電極装置の電極と対向電極とに対して電力を供給するための高周波電源を備えていることを特徴とする、プラズマ発生装置に係るものである。

【0011】更に、前記のプラズマ発生電極装置は、誘導結合型のプラズマ発生装置用の電極装置として使用することができる。

【0012】

【作用】本発明者は、前記したように、アルマイト電極の表面上でプラズマシースが安定して生成しない原因について検討した。通常の常識に従えば、電極の表面を絶縁物で被覆すると、絶縁物の表面はマイナス電位になるため、プラズマシースの領域が大きくなり、安定するはずである。しかし、前記のようなアルマイト等からなる薄膜の場合には、高温に加熱したときなどに、表面電位を、十分な大きさの均一なマイナス電位に保持することができず、均一で十分に安定したプラズマシースを生成させることができないことが判明した。

【0013】この一方、従来は、絶縁膜の厚さを大きくすると、プラズマ領域と電極との距離がその分大きくなり、プラズマ中のイオンの加速が不十分になって、プラズマの放電安定性が損なわれるとも考えられていた。

【0014】しかし、本発明者が、電極を緻密質セラミックスの基体中に埋設すると共に、電磁波透過層の厚さの最小値を  $0.1\text{mm}$  以上と厚くすると、プラズマシース領域が拡大し、均一で安定なプラズマを生成させることができた。しかも、このように電磁波透過層を厚くしても、この電磁波透過層がセラミックスからなっており、電磁波透過層の誘電率  $\epsilon$  は、真空の誘電率に比べて数倍以上大きい。この結果、電極間の電界強度の低下もなく、プラズマ中のイオンをプラズマシースにおいて十分に加速することができ、プラズマ放電が安定することを確認した。

【0015】しかも、本発明によれば、電極が緻密質セラミックス中に埋設されており、電極と基体のプラズマ発生側の表面との間に存在する電磁波透過層の厚さの最小値が  $0.1\text{mm}$  以上であるので、プラズマのイオンボンバードメントに対して安定である。

【0016】なお、緻密質のセラミックスからなる基体

中に電極を埋設するためには、後述するようなセラミックス製造工程を実施する必要がある。こうした製造工程を通過した後は、電極の形状に不可避免的に若干のうねりが発生し、この結果、電極と基体の表面との間の電磁波透過層の厚さが、電極の平面的埋設位置によって変化する。この変化量は、製造上の精度の問題であるが、通常の製造方法によれば、材料等によって変動するが、最大 0.7 mm 程度に及ぶ。このように電磁波透過層の厚さが平面的位置によって変動するので、電磁波透過層の厚さの最小値を少なくとも 0.1 mm 以上とする必要がある。なお、本発明の装置における基体内の電極とはほぼ平行に、対向電極を設置し、この間に高周波電力を供給することができる。この際、基体内の電極に対して高周波電力を供給し、対向電極をアースすることもできるし、対向電極に対して高周波電力を供給し、基体内の電極をアースすることもできる。

【0017】

【実施例】以上の理由から、更に、電磁波透過層の厚さのバラツキを考慮すると、その平均値を 0.5 mm 以上とすることが好ましい。

【0018】また、電磁波透過層の誘電率は一般に大きい。電磁波透過層の厚さの平均値が大きくなりすぎると、電磁波透過層の誘電体損失による自己発熱量が大きくなり、プラズマパワーの効率が低下してくる傾向があった。この観点から、電磁波透過層の厚さの平均値は、特に 5.0 mm 以下とすることが好ましい。

【0019】ハロゲン系腐食性ガスを使用する半導体製造装置内に設置し、このハロゲン系腐食性ガスに高周波電力を印加してプラズマを発生させるために、本発明の装置を使用する場合には、ハロゲン系腐食性ガスのイオンのアタックによって電磁波透過層の表面に反応生成物が生ずるが、この反応生成物層の厚さは数～数十  $\mu\text{m}$  に達するので、十分な絶縁性を維持するためにも、電磁波透過層の厚さの最小値を 0.1 mm 以上にすることが必要であり、またその平均値を 0.5 mm 以上にすることが好ましい。

【0020】特に相対密度 99% 以上の窒化アルミニウムによって電磁波透過層を形成した場合には、反応生成物層として  $\text{AlF}_3$  からなるパッシベーション層が生成し、この層が耐蝕作用を有しているため、この層の内部へと腐食が進行するのを防止することができる。特に 99% 以上の相対密度を有した常圧焼結、ホットプレス焼成又は熱 CVD により製造した緻密な窒化アルミニウムが好ましい。

【0021】特に半導体製造装置用途においては、半導体の重金属による汚染を防止する必要がある。特に高密度化の進展によって重金属の排除に対する要求が極めて高度になってきている。この観点からは、窒化アルミニウムにおけるアルミニウム以外の金属の含有量を 1% 以下に抑制することが好ましい。

【0022】本発明のプラズマ発生電極装置においては、更に、電極がバルク状の電極であり、この電極を包囲する基体が、接合面のない一体焼結品であることが好ましい。バルク体は、面状であることが好ましく、この面状の電極とは、例えば、線体あるいは板体をらせん状、蛇行状に配置することなく、一体の面状として形成したものをいう。この点に関して更に説明する。

【0023】プラズマ発生電極装置を製造する際に、セラミックスのグリーンシート上に印刷電極を形成した後、別のグリーンシートを積層し、この積層体のプレス成形、焼成を行う方法では、プレス成形段階や焼成段階で、印刷電極の位置が変動している。従って、一体焼結後に誘電体層の表面をいくら精密に平面加工しても、電磁波透過層の厚さのバラツキが大きくなりやすい。また、こうした常圧焼結方法では、特にプラズマ発生電極装置が大型になってくると、誘電体層の緻密性を 100% 確保することが困難であり、絶縁破壊を防止するという観点から見た信頼性が低下してくる。この一方、半導体ウエハーの大型化が進行している。更に、十分に高周波を伝えるためには装置のリアクタンス成分を低減する必要がある。好ましくは電極の抵抗値を  $1\Omega$  以下とする必要がある。このためには、電極の厚さを十分に大きくすることが必要である。更に好ましくは、13.56 MHz の高周波中で電極の抵抗値を  $200\text{m}\Omega$  以下とすることが必要である。しかし、印刷電極においては、これは困難である。

【0024】このように、埋設された面状の電極を導電性材料のバルク体によって構成することにより、電極の抵抗値を小さくすることが容易である。例えば、スクリーン印刷電極は、厚さが高々数十  $\mu\text{m}$  程度なので、抵抗値が必然的に大きくなる。例えば電極がタングステンであり、周波数が 13.56 MHz の場合、電極の厚さは  $20\mu\text{m}$  以上が望ましい。しかし、この厚さの電極を、スクリーン印刷法で形成することは困難である。

【0025】更に説明すると、印刷前の導電性粉末のペーストは、一般に  $0.5\mu\text{m}$  から  $10\mu\text{m}$  の粒径を有する微粉末を使用しているので、焼成段階で微粉末が焼結し、この粒径が大きくなっていく。この際、焼結後の粒界には、ペースト中やセラミックス原料中に含有されていた炭素、酸素等の不純物が進入し、酸化物層、炭化物層が生成するので、抵抗値が上昇する。

【0026】これに対して前記バルク体を基材中に埋設する場合には、埋設の前の段階で既に十分に緻密な微構造を有しているので、セラミックス粉末を焼成した後もバルク体の粒界中に高抵抗率の不純物層が生成しない。このため、印刷電極と比較して、基材中に埋設された電極の抵抗値が顕著に低いし、またこの抵抗値を正確に制御し、そのバラツキのない変動を防止することができる。こうしたバルク体としては、埋設前の密度が 99% 以上であって、粉末冶金法によって製造されたバルク

体、または鍛造法、圧延引き抜き法によって製造されたバルク体が好ましい。

【0027】しかも、電極を包囲する基体が、接合面のない一体焼結品であるので、高真空等の放電し易い条件下においても、接合面からの放電、絶縁破壊は生じ得ない。従って、プラズマ発生電極装置の信頼性が飛躍的に向上する。

【0028】プラズマ発生電極装置を、ハロゲン系腐食性ガスを使用する半導体製造装置内に設置する場合には、ハロゲン系腐食性ガスによって、高周波電極が腐食するおそれがある。更に、膜状電極は、金属を含んでいるので、半導体に金属汚染が生じるおそれも考えられる。しかし、この場合において、電極を包囲する基体を、接合面のない一体焼結品とすることによって、電極の腐食及び半導体製造装置内の汚染を、防止することができる。

【0029】基体を構成するセラミックスとしては、窒化珪素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、サイアロン等の窒化物系セラミックス、アルミナー炭化珪素複合材料が好ましい。本発明者の研究によれば、耐熱衝撃性の観点からは、窒化珪素が特に好ましく、ハロゲン系腐食性ガス等に対する耐蝕性の点では、窒化アルミニウムが好ましい。

【0030】本発明のプラズマ発生電極装置は、例えば次の方法によって製造することができる。

方法(1) 予備成形体を製造し、この予備成形体の上に電極を設置する。次いで、この予備成形体及び電極の上にセラミックス粉末を充填し、一軸プレス成形する。この成形体を、電極の厚さ方向に向かって加圧しながらホットプレス焼結させる。

【0031】ここで、ホットプレスを行う場合には、面状電極に対して交差する方向に圧力を加える必要があるが、好ましくは面状電極に対して実質的に垂直な方向に圧力を加える。これによって、電極上のセラミックスの厚さや性質のバラツキを抑制することができる。更に、後述するように、バルク体からなる面状の電極から見て基材の表面側と背面側との間に連通している空間が電極に設けられている場合には、この空間に対して垂直方向にホットプレスの圧力を加えることが好ましい。これによって、セラミックスとバルク体の電極とをホットプレス法によって一体焼結する際に、空間の中にセラミックス粉末が進入し、この空間中でセラミックス粉末が焼結して構造体を形成する。この結果、前記空間中に進入したセラミックスが、電極の表面側と背面側とのセラミックスと連続して構造体を形成することになるので、電極の表面側と背面側との間での接合強度ないし構造強度が向上し、電極の両側が剥離しにくくなる。

【0032】このホットプレスの圧力は、 $50\text{ kg/cm}^2$  以上とする必要があり、 $100\text{ kg/cm}^2$  以上とすることが好ましい。また、実際上の装置の性能等を考

慮すると、通常は $2\text{ トン/cm}^2$  以下とすることができ

【0033】方法(2) コールドアイソスタティックプレス法によって、平板状の成形体を2つ製造し、2つの平板状成形体の間に電極を挟む。この状態で2つの成形体及び電極を、電極の厚さ方向に向かって加圧しながらホットプレス焼結させる。

【0034】高周波電極は、特に $600^\circ\text{C}$ 以上の高温にまで温度が上昇する用途においては、高融点金属で形成することが好ましい。こうした高融点金属としては、タンタル、タングステン、モリブデン、白金、レニウム、ハフニウム及びこれらの合金を例示できる。半導体製造装置内に設置する用途においては、半導体汚染防止の観点から、更に、タンタル、タングステン、モリブデン、白金及びこれらの合金が好ましい。また、一般的には、高周波電極を構成する、金属以外の導電性材料としては、カーボン、TiN、TiCを例示することができる。

【0035】電極の形態は、貫通孔のない薄板からなる面状の電極の他、基材の表面側と背面側との間に連通している空間が設けられている電極を含んでいる。このような空間の形状は特に限定しないし、このような電極としては、(1)多数の小孔が設けられた板状体からなる面状の電極や、(2)導電性材料の繊維または小片が互いに分離しないように一体化された結合体からなる電極がある。電極の一方の側と他方の側とに連通している空間が設けられている電極を使用すると、一体焼結の際に、セラミックス粉末がこの空間内に回り込み、進入し、この空間内で緻密に焼結する。従って、電極から見て表面側(プラズマ発生側)と背面側との間でセラミックスの接合力が大きくなり、基体の強度が向上し、剥離が生じにくくなる。

【0036】(1)多数の小孔が設けられた板状体からなる面状の電極としては、いわゆるパンチングメタルが好ましい。ただし、電極が高融点金属からなる場合には、電極の硬度が高く、高融点金属からなる板に多数の小孔をパンチによって開けることは困難であり、加工コストも非常に高くなる。

【0037】(2)導電性材料の繊維(線材を含む)または小片が互いに分離しないように一体化された結合体からなる電極としては、導電性繊維を編んで製造した網状物、導電性繊維の不織布、フェルトの他に、多数の導電性小片を接合剤によって接合し、一体化したものを使用することができる。こうした繊維や小片の材質としては、前述した高融点金属の他に、カーボンが好ましい。

【0038】そして、パンチングメタルの場合とは異なり、高融点金属からなる繊維、線材は容易に入手できるので、この線材を編組すれば網状電極を製造できるし、こうした材質からなるフェルトも容易に入手できる。

【0039】また、電極の形態が、前記した空間のない

薄板である場合には、電極と基体との熱膨張係数の差によって、電極の周縁部分に特に大きな応力が加わり、この応力のために基体が破損することがあった。しかし、電極が、前述したようなセラミックスの進入のための空間を有している場合には、前記応力が、空間内に進入したセラミックスによって分散される。更に、網状電極の場合のように繊維ないし線材の編組体や不織布を使用した場合に、繊維ないし線材の断面を円形にすると、この応力分散の効果が特に大きい。

【0040】前記した網状電極のメッシュ形状、線径等は特に限定しない。しかし、この網ないしメッシュを構成する金属線は、純金属からなっている方が、抵抗値を低くすることができるので好ましい。更に好ましくは、圧延引き抜き加工によって線材として成形された、純度99%以上の純金属からなる金属線が好ましい。また、金属線を構成する金属の抵抗値は、 $100 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 以下とすることが好ましく、 $40 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 以下とすることが更に好ましい。

【0041】また、網状電極を構成する金属線の線幅が0.8mm以下であり、1インチ当たり8本以上の線交差を有していることが好ましい。即ち、線幅が0.8mmを越えると、対向電極で構成したプラズマ発生用空間における電界強度分布が乱れるため、プラズマの分布が悪化し易い。また、プラズマ発生電極装置を長時間使用したときに、セラミックス中に異物として存在する線体による応力場がセラミックスの強度を越えることにより、セラミックスの破損が生じやすい傾向があった。また、1インチ当たりの線交差が8本未満であると、網状電極全体に均一な電流が流れにくくなった。

【0042】実際の製造上の観点から見ると、1インチ当たりの線交差の数は100本以下とすることが好ましい。

【0043】網状電極を構成する線材の幅方向断面形状は、円形、楕円形、長方形等、種々の圧延形状であってよい。

【0044】網状電極を構成する線材の直径は0.013mm以上のものが好ましく、0.02mm以上が更に好ましい。

【0045】本発明のプラズマ発生電極装置においては、基体の中に、高融点金属からなる抵抗発熱体を埋設し、この抵抗発熱体に電力を供給することによって、基体のプラズマ発生側の表面を発熱させるように構成することができる。これによって、ウエハーをプラズマ発生電極装置上に直接載置し、保持した状態で、直接にウエハーを加熱できるので、均熱性および加熱時のレスポンスを向上させることができる。

【0046】また、本発明のプラズマ発生電極装置において、電極を高周波電源に対して接続すると同時に、直流電源または交流パルス電源に対して接続することができ、この電極に対して静電力を生じさせてウエハーを

電極に対して吸着させることができる。これによって、プラズマ発生電極装置を静電チャックとして機能させることができる。

【0047】本発明のプラズマ発生電極装置においては、基体のうち少なくとも電磁波透過層を、誘電体損失 $\tan \delta$ が $10^{-2}$ 以下であり、かつ耐熱衝撃性 $\Delta T_c$ が $250^\circ C$ 以上である窒化アルミニウムによって形成することができる。

【0048】プラズマ生成反応は、非常に激しい反応なので、種々の外部パラメーターによってプラズマの特性を制御することは、大変に困難である。そして、前記したように、プラズマの電磁波透過層へのイオンボンパードメントにより、電磁波透過層の表面が高温に発熱する。このため、電磁波透過層の材質によっては、局部的に溶融するものと考えられる。また、この一方で、電磁波透過層がマイクロ波に曝されるため、誘電体損失によって熱を発生する。

【0049】このように、電磁波透過層には、プラズマによる入熱と、電磁波による自己発熱という、二種類の熱応力が加わる。こうした現象は、アルゴン、窒素、酸素、オゾン、 $SiH_4$ 、 $TEOS$ 等の非腐食性の気体を使用した場合にも見られる。更に、 $ClF_3$ 、 $NF_3$ 、 $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $SiH_2Cl_2$ 、 $C_2F_6$ 等のハロゲン系腐食性ガスを使用した場合には、上記した二種類の熱応力に加えて、電磁波透過層の表面がハロゲンと反応し、エッチングされることがある。例えば、窒化珪素、炭化珪素等の耐蝕性の高い緻密質セラミックスによって電磁波透過層を形成した場合でも、こうした問題が生じた。

【0050】本発明者は、前記の性状を有する窒化アルミニウムによって、電磁波透過層を形成してみた。この結果、電磁波透過層が、上記した発熱による溶融又は破損をほとんど受けず、しかも、ハロゲン系腐食性ガスによってもほとんどエッチングを受けないことを発見した。

【0051】そのうえ、前記の性状を有する窒化アルミニウムは、耐熱衝撃性が大きいので、高周波が透過して電磁波透過層の温度が局所的に上昇しても、破損しないことを確認した。

【0052】特に、DRAMの生産に使用されるウエハーの直径は、大型化が進行しているため、プラズマ発生電極装置の寸法、及び電磁波透過層の寸法を、大型化させる必要がある。このとき、電磁波透過層の材質として前記の窒化アルミニウムを採用することにより、電磁波透過層の寸法を大きくしても、破損、溶融、腐食の可能性を防止できるようになった。

【0053】熱衝撃抵抗 $\Delta T_c$ は、下記の定義によるものである。試験に際しては、 $3mm \times 4mm \times 40mm$ の寸法のJIS試験片を使用する。この試験片を電気炉内に入れ、任意の温度で10分間保持し、次いで試験片

を、容量101、温度26°Cの水中へ投入し、急冷する。この後、試験片の4点曲げ強度を、室温で測定する。この結果、ある温度差を境として、4点曲げ強度が低下する。この境界となる温度差（強度が低下しない範囲での最高の温度差）を、 $\Delta T_c$ とする。

【0054】窒化アルミニウムは、耐蝕性セラミックスとしては公知である。しかし、通常の耐蝕性セラミックスというのは、酸、アルカリ溶液に対するイオン反応性を指している。一方、本発明では、イオン反応性ではなく、プラズマのイオンボンバードメントによる局部的発熱を問題としており、更には、ハロゲン系腐食性ガスのプラズマとの反応性を問題としている。

【0055】電磁波透過層を透過する電磁波の周波数領域は、300GHz以下である。このうち、前記した電磁波透過層が特に有用であるのは、マイクロ波領域である。マイクロ波の周波数領域は、300MHz~300GHzである。しかし、窒化アルミニウムの特性は、1MHzの領域でも、10GHzの特性と比べてほとんど変化しないため、1MHz~300MHzの周波数領域でも、上記の効果を奏することができる。ただし、周波数が高くなればなるほど、誘電体損失 $\tan \delta$ の小さな材料が好ましい。

【0056】本発明のプラズマ発生電極装置における電極の平面的寸法は、半導体ウエハー等の被処理物の寸法と同じか、それ以上とすることが好ましい。これによって、被処理物の表面上におけるプラズマを均一にすることができる。

【0057】以下、図面を参照しつつ、本発明の実施例を説明する。図1は、プラズマ発生電極装置10をチャンバー12内に設置した状態を模式的に示す部分断面図である。図2は、図1のプラズマ発生電極装置のうち一部を切り欠いて示す斜視図である。図3は、網状電極3を示す斜視図である。図4(a)は、一軸プレス型における成形工程を説明するための模式的断面図であり、図4(b)は、成形体21を示す断面図であり、図4(c)は、プラズマ発生電極装置10の本体部分を概略的に示す断面図である。図5は、コールドアイソスタティックプレス法による成形体を示す断面図である。

【0058】本実施例のプラズマ発生電極装置10を製造するには、まず図4(a)に示すようなプレス成形機を準備する。プレス成形機の下型20に、型枠17が嵌め合わされている。セラミックス粉末18を型枠17の内部空間16に充填し、下型20及び図示しない上型によって一軸プレス成形し、予備成形体19Aを製造する。予備成形体19Aの上に網状電極3を設置する。網状電極3は、図3に示すように、全体として円形をなしており、線体3aを編組したものである。図3において、3bは編み目である。

【0059】次いで、網状電極3の上にセラミックス粉末18を充填し、網状電極3を埋設する。図示しない上

型によって粉末18を一軸加圧成形し、図4(b)に示す成形体21を作成する。成形体21においては、予備成形体22Aと予備成形体22Bとの間に網状電極3が埋設された状態となっている。次いで、この成形体21をホットプレス焼結し、所定の研削加工を施し、図4(c)に示すプラズマ発生電極装置本体を得る。

【0060】図4(c)においては、略円盤形状の基体1の側周面1dにリング状のフランジ1cが設けられており、基体1の内部に、網状電極3からなる高周波電極9が埋設されている。半導体ウエハー等の被固定物の設置面1a側には、電磁波透過層4が形成されている。支持部分8側には端子2が埋設されており、端子2が高周波電極9に接続されている。端子2の端面が、基体1の裏面1bに露出している。

【0061】また、他の方法では、セラミックス粉末18をコールドアイソスタティックプレスによって成形し、図5に示すような平板形状の成形体23Aと23Bとを製造する。次いで、成形体23Aと23Bとの間に網状電極3を挟み、この状態で、成形体23A、23Bをホットプレス焼結させる。

【0062】チャンバー12内に、アーム11を介してプラズマ発生電極装置10が設置されている。この際、電極9が上面側となるようにプラズマ発生電極装置を設置し、設置面1aにウエハーWを載置する。電力供給用のケーブル5Aの一端を端子2に接続し、ケーブル5Aの他端をチャンバー12外へと出し、高周波電源6に接続する。電極9と対向する位置に、所定間隔を置いて平行に対向電極13を設置する。電力供給用のケーブル5Bの一端を対向電極13に接続し、ケーブル5Bの他端をチャンバー12外へと出し、高周波電源6及びアース7へと接続する。図1においてtは電磁波透過層4の厚さである。

【0063】この状態で、一対のケーブル5A、5Bを介して高周波電力を供給することにより、ウエハーWの上のプラズマ発生領域15に、プラズマを発生させることができる。この際、プラズマ発生領域15と設置面1aとの間に、プラズマシース14が発生する。

【0064】図6(a)~(c)は、それぞれ網状電極の各種の形態を例示する断面図である。図6(a)に示す網状電極38Aにおいては、縦線37Aと横線36Aとが三次元的に交差するように編まれており、縦線37Aも横線36Aも、それぞれ波うっている。図6(b)の網状電極38Bにおいては、横線36Bは真っ直ぐであり、縦線37Bが折れ曲がっている。図6(c)の網状電極38Cにおいては、縦線37Cと横線36Cとが三次元的に交差するように編まれており、縦線37Cも横線36Cも、それぞれ波うっている。そして、網状電極38Cは圧延加工されており、このため縦線および横線の外形が一点鎖線AとBとに沿った形状となっている。図6(a)に示す網状電極38Aでは、AIN中に

Ｍｏワイヤーからなるメッシュを入れて１８００℃での一体焼成後において断面を観察すると、横線３６Ａと縦線３７Ａは交差接触している部分で横線３６Ａと縦線３７Ａの界面が無く一体になっていることが判った。これにより電極３８Ａは全体として一体となっており、低抵抗を実現することができた。

【００６５】これらの各網状電極は、プラズマ発生装置としていずれも好適に使用できる。しかし、特に、図６（ｃ）のように圧延された形状のものが、平坦度が最も良好であり、かつ縦線と横線との接触が最も確実であるので好ましい。

【００６６】図７（ａ）は、高周波電極として使用できるパンチングメタル２４を示す斜視図である。パンチングメタル２４は円形をしており、円形の平板２４ａ内に多数の円形孔２４ｂが、基盤目形状に多数形成されている。

【００６７】図７（ｂ）は、電極として使用できる円形の薄板２５を示す斜視図である。図７（ｃ）は、電極として使用できる薄板２６を示す平面図である。薄板２６内には、細長い直線状の切り込み２６ｂ、２６ｃが、互いに平行に合計６列形成されている。このうち、３列の切り込み２６ｂは、図７（ｃ）において下側に開口しており、残り３列の切り込み２６ｃは、図７（ｃ）において上側に開口している。切り込み２６ｂと２６ｃとは、交互に配置されている。こうした形状を採用した結果、薄板によって細長い導電路が形成されている。従って、この導電路の両端部分２６ａにそれぞれ端子を接続する。

【００６８】こうした板状のバルク体からなる電極の形態は、更に種々変更することができる。例えば、図７（ｂ）に示すような円形の薄板を、平面的に見てらせん形状または渦巻き形状となるように切り込みを形成することができる。こうした形状の電極は、後述する誘導結合型プラズマを発生させるための電極としても使用できる。

【００６９】図８は、他の実施例に係るプラズマ発生電極装置４０を、図１の実施例と同様にしてチャンパー１２内に設置した状態を模式的に示す部分断面図である。図１に示した各構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付け、その説明は省略することがある。

【００７０】プラズマ発生電極装置４０においては、基体１の支持部分８内に、即ち、高周波電極９と背面１ｂとの間に、高融点金属からなる抵抗発熱体３０が埋設されている。抵抗発熱体３０の両端部分は、それぞれ端子３２に接続されており、各端子３２は、それぞれ基体１の背面１ｂ側に露出するように、基体１内に埋設されている。各端子３２にそれぞれ電力供給用のケーブル３１の一端が接続されており、各ケーブル３１の他端がチャンパー１２外へと引きだされており、図示しない電源に接続されている。

【００７１】抵抗発熱体３０は、好ましくは、線体又は板体をらせん状に巻回した巻回体によって構成されており、この巻回体が、背面１ｂ側又は設置面１ａ側から平面的に見て、ほぼらせん形状又は渦巻き形状となるように、埋設されている。ウエハーＷを所定位置に設置した後、プラズマを発生させながら、同時に抵抗発熱体３０に電力を供給してウエハーを加熱することができる。

【００７２】次に、本発明を誘導結合型のプラズマ発生電極装置に対して適用した実施形態について述べる。従来のプラズマ発生装置においては、例えば図９に概略断面図として示すように、装置４１の絶縁体からなる基体６５が円筒形状をなしており、円筒形状の本体６５ｂの両側の開口端部に、真空状態を維持するためのシール用のフランジ部６５ａ、６５ｃが形成されている。基体６５は、石英ガラス等の絶縁体からなる。基体６５の外側面４４に、銅等の低抵抗性材料からなるコイル４５が巻き付けられており、基体６５の内側空間４３にプラズマを発生させることができる。

【００７３】しかし、こうした種類の装置においては、基体の外側面に巻き付けられたコイル４５と内側空間４３との間に基体６５が介在しており、この基体６５の厚さｄは、内側空間４３を安定して真空状態に維持するために、１０ｍｍ以上とする必要がある。このため、プラズマの発生の効率を高くすることができなかった。また、基体６５の周囲に低抵抗金属線を巻き付け、所定位置に保持し、固定する必要がある。しかし、プラズマ発生時には基体の温度が上昇するし、このときに低抵抗金属線を所定位置で動かないように保持することはきわめて困難である。

【００７４】これに対して、本発明のプラズマ発生電極装置を誘導結合型のプラズマ発生装置に適用した場合には、基体の内部に高周波誘導コイルを埋設しているのので、基体のプラズマ発生側の表面とコイルとの間隔を小さくすることができ、これによってプラズマの発生効率を顕著に向上させることが可能である。しかも、基体の厚さを従来よりも大きくすることも可能であり、これはプラズマ発生空間の真空度を保持するために、また基体の機械的強度を一層向上させるために好適である。

【００７５】しかも、基体の内部に、誘導コイルとなる低抵抗線ないし電極が一体に焼成され、埋設されていることから、プラズマ発生時などにこれらが移動するおそれはない。なお、こうしたプラズマ発生電極装置の形態は、いわゆるヘリコン型やＴＣＰ型などを例示できる。

【００７６】基体のプラズマ発生側の表面と電極との間隔ｅは、１０ｍｍ以下とすることが好ましく、５ｍｍ以下とすることが更に好ましい。また、これは製造上の観点からは０．５ｍｍ以上とすることが好ましい。

【００７７】図１０（ａ）は、こうした誘導結合型のプラズマ発生電極装置の一例を示す断面図である。基体４２の両端の開口を囲むようにフランジ部４２ａ、４２ｃ



が形成されており、本体 4 2 b の内部に、細長い網状体からなる電極 4 6 が埋設されている。この網状体は、図 1 0 ( b ) に示すように、細長い一対の枠線 4 6 a と、枠線 4 6 a の間に張りめぐらされた網 4 6 b とからなり、網 4 6 b の間に編み目 4 8 が形成されている。網状体の全体は細長いテープ状となっている。

【 0 0 7 8 】 本体 4 2 b のフランジ部 4 2 c 側の末端には端子 4 7 B が埋設されており、本体 4 2 b のフランジ部 4 2 a 側の末端には端子 4 7 A が埋設されている。端子 4 7 A と端子 4 7 B との間が、網状体からなる電極 4 6 によって接続されているが、この電極 4 6 の埋設形状はらせん状となっている。電極 4 6 と本体 4 2 b の内側面との間隔 e は種々変更することができ、本実施例では 1 0 mm 以下、更には 5 mm 以下とすることができる。

【 0 0 7 9 】 図 1 1 ( a ) は、誘導結合型のプラズマ発生電極装置の別の実施形態を示す平面図であり、図 1 1 ( b ) はその概略断面図である。装置 4 9 においては、例えば円盤形状の基体 5 0 の内部に電極 5 2 が 4 本埋設されている。また、基体 5 0 の中央部には、背面 5 0 b 側に露出する端子 5 1 A が埋設されており、基体 5 0 の周縁部側の 4 箇所には、それぞれ背面 5 0 b 側に露出する端子 5 1 B が埋設されている。中央の端子 5 1 A と各端子 5 1 B とは、それぞれ電極 5 2 によって接続されている。各電極 5 2 は、図 1 0 ( b ) に示したような形態の網状体からなっており、かつそれぞれ一定方向に向かって弧状に湾曲した形状をなしている。中央部の端子 5 1 A は電線 5 4 A を介して高周波電極 5 3 に接続されており、周縁部の端子 5 1 B は電線 5 4 B を介してアースされている。これによって各電極に高周波電力を供給し、表面 5 0 a 上にプラズマを発生させる。

【 0 0 8 0 】 図 1 2 ( a ) は、誘導結合型のプラズマ発生電極装置の別の実施形態を示す平面図であり、図 1 2 ( b ) はその X I I b - X I I b 線断面図である。装置 5 5 においては、例えば円盤形状の基体 5 0 の内部に電極 5 6 が埋設されている。基体 5 0 の中央部には、背面 5 0 b 側に露出する端子 5 1 A が埋設されており、基体 5 0 の周縁部にも、背面 5 0 b 側に露出する端子 5 1 B が埋設されている。中央の端子 5 1 A と各端子 5 1 B とが電極 5 6 によって接続されている。

【 0 0 8 1 】 電極 5 6 は、図 1 0 ( b ) に示したような形態の網状体からなっており、端子 5 1 A と 5 1 B との間で渦巻き形状をなしている。中央部の端子 5 1 A は電線 5 4 A を介して高周波電極 5 3 に接続されており、周縁部の端子 5 1 B は電線 5 4 B を介してアースされている。これによって渦巻き形状の電極 5 6 に高周波電力を供給し、表面 5 0 a 上にプラズマを発生させる。

【 0 0 8 2 】 図 1 3 は、ドーム形状のプラズマ発生電極装置 5 7 の外観を概略的に示す正面図であり、図 1 4 は、このプラズマ発生電極装置 5 7 の断面図である。この装置 5 7 の基体 5 8 の本体 5 8 b は、いわゆるドーム

形状をしており、本体 5 8 b の下側の端部には、真空状態を維持するためのフランジ部 5 8 a が形成されている。このフランジ部 5 8 a は、平面的に見ると略円形をしている。本体 5 8 b の上側部には開口 6 2 が設けられている。

【 0 0 8 3 】 本体 5 8 b の内部に電極 5 9 が埋設されている。本体 5 8 のフランジ部 5 8 a 側の端部には端子 5 1 A が埋設されており、開口 6 2 側の端部には端子 5 1 B が埋設されている。各端子 5 1 A、5 1 B は、それぞれ本体 5 8 b の外側面 6 0 に露出している。端子 5 1 A と 5 1 B とが電極 5 9 によって電気的に接続されている。端子 5 1 A は電線 5 4 A を介して高周波電極 5 3 に接続されており、端子 5 1 B は電線 5 4 B を介してアースされている。

【 0 0 8 4 】 電極 5 9 は、図 1 0 ( b ) に示したような形態の網状体からなっている。そして、電極 5 9 は、フランジ部 5 8 a 側から本体 5 8 の内部を開口 6 2 の方へと向かって順次に上昇していくように、らせん状に巻回されている。図 1 3、図 1 4 において、5 9 a、5 9 b、5 9 c、5 9 d、5 9 e、5 9 f、5 9 g および 5 9 h は、いずれも電極 5 9 のうち本体 5 8 b を平面的に見て一周している一周分の巻回体を示している。この電極 5 9 に対して高周波電力を供給すると、これが誘導コイルとして働き、内側空間 6 3 にプラズマが発生する。なお、6 1 は基体 5 8 の内側面である。

【 0 0 8 5 】 以下、更に具体的な実験結果について述べる。

( 実験 1 ) 図 1 ~ 図 3 に示すプラズマ発生電極装置を製造した。まず、セラミックス粉末 1 8 として、アルミニウム以外の金属不純物の含有量が 0. 1 % である窒化アルミニウム粉末を準備した。この粉末を、コールドアイソスタティックプレスによって 7 トン /  $\text{cm}^2$  の圧力を加えて成形し、図 5 に示すように、2 枚の成形体 2 3 A、2 3 B を製造した。各成形体の嵩密度は 2. 2  $\text{g} / \text{cm}^3$  であった。

【 0 0 8 6 】 金属モリブデンからなる網状電極 3 を準備した。網状電極 3 を構成する線体の線径は、0. 3 5 mm であり、# 2 4 ( 1 インチ当たり 2 4 本の交差本数 ) であり、外形は  $\phi 2 0 0 \text{ mm}$  であった。この網状電極 3 を、成形体 2 3 A と 2 3 B との間に挟み、1 9 0 0 ° C、2 0 0  $\text{kg} / \text{cm}^2$  でホットプレス焼結した。これによって、相対密度 9 9. 4 % の窒化アルミニウム焼結体が得られた。

【 0 0 8 7 】 なお、同様の実施例において、イットリアを 5 % 含有する窒化アルミニウム粉末を使用した場合には、一軸プレス法及びホットプレス法によって、相対密度 9 9 % 以上の窒化アルミニウム焼結体が得られた。

【 0 0 8 8 】 この後、機械加工によって基体の表面 ( 設置面 1 a ) 側を加工した。このとき、各平面的位置において、網状電極 3 から表面までの厚さないし距離を、渦

電流検出方式の膜厚計によって測定しながら加工することにより、網状電極3の傾斜に対して電磁波透過層の表面の傾斜を合わせ、網状電極3の中心線が電磁波透過層の表面に対して傾斜しないようにした。この後、背面1b側より超音波加工によって基体に孔をあけ、端子2を接合した。プラズマ発生電極装置の寸法は、厚さ12mm、直径205mmである。電磁波透過層の平均厚さ、厚さのバラツキ、最大厚さ、最小厚さを、表1に示すように変更した。

【0089】そして、各プラズマ発生電極装置の表面に8インチウエハーを設置した。チャンバー12内にCF<sub>4</sub>ガスを導入し、400mmTorrで圧力をコントロールできるように、ガス供給系及びガス排気系を制御した。高周波電源として、周波数13.56MHz、2kWのものを使用した。放電状態を安定にするため、電源と高周波電極との間のケーブルにはマッチングボックスを挿入した。放電状態を3段階で評価した。これらの結果を表1に示す。

【0090】

【表1】

試験番号	平均厚さ (mm)	バラツキ (mm)	最大厚さ (mm)	最小厚さ (mm)	判定
1	0.3	0.8	0.8	0.01	×
2	0.5	0.8	0.9	0.1	○
3	2	0.9	2.4	1.5	○
4	5	1.0	5.5	4.5	○
5	10	0.7	10.3	9.6	△

【0091】試験番号1においては、平均厚さが0.3mmであるものの、網状電極3のうねりのために、最小厚さが0.01mmとなり、プラズマ発生実験において、厚さが最小の部分の周辺でプラズマシースの安定性が悪くなった。これは、窒化アルミニウムの表面にチャージされた電荷が、厚みの小さい部分で何らかの原因によって絶縁破壊を生じ、表面電位が一定に保たれなくなり、シース領域が変動する結果になったものと考えられる。試験番号2においては、こうしたプラズマシースの安定性には問題がなかった。

【0092】しかし、平均厚さtを10mmとした試験番号5においては、プラズマの輝度が低下し、かつプラズマ発生電極装置の温度の上昇が激しく、300℃を越えた。これは、窒化アルミニウムの誘電体損失によって、表面の電界強度が低下し、更に窒化アルミニウム層の自己発熱が生じてきたものと考えられる。この条件下では、いかにプラズマが安定しても、プラズマパワーの効率が低下すると共に、十分な温度コントロールを行うことができず、半導体ウエハーに熱によるダメージを与える可能性もある。

【0093】(実験2) 実験1と同様にしてプラズマ発

生電極装置を作成した。ただし、網状電極3の線径と1インチ当たりの本数(番号)を、表2に示すように変更した。

【0094】

【表2】

試験番号	線径 (mm)	1インチ 当たりの本数	プラズマ の安定性	耐久性
2	0.35	30	○	○
6	0.05	200	○	○
7	0.1	120	○	○
8	0.2	120	○	○
9	0.2	30	○	○
10	0.35	80	○	○
11	0.35	15	○	○
12	0.5	8	○	○
13	0.8	8	○	○
14	1.0	5	×	×
15	0.15	50	○	○
16	0.12	50	○	○
17	0.12	60	○	○
18	0.03	50	○	○
19	0.02	100	○	○
20	0.013	100	△	○
21	0.01	100	×	—

【0095】なお、こうしたメッシュは、一般に線径が太くなるほど1インチ当たりの本数が少なくなり、線径が細くなるほど1インチ当たりの本数が多くなる。従って、線径0.05mmで1インチ当たり5本のメッシュ等は、製造できない。表2には、商業ベースで容易に製造できるメッシュをほぼ網羅してある。これらの各プラズマ発生電極装置について、実験1と同様にしてプラズマを発生させ、その安定性を試験したところ、試験番号2、6～13の各プラズマ発生電極装置によれば、いずれも安定したプラズマを発生させることができたので、表2の「プラズマの安定性」の項目に「○」と表示した。また、48時間保持した後も基体の破損は見られなかったので、表2の「耐久性」の項目に「○」と表示した。

【0096】試験番号14においては、線径1.0mmで1インチ当たり5本のメッシュを使用したのが、プラズマの分布に偏りが見られたし、かつ3.5時間経過した後には基体に破損が生じた。

【0097】また、試験番号15～19においては、やはりプラズマの安定性が良好であり、かつ耐久性も優れていた。試験番号20においては、網状電極を構成する金属線の線径を0.013mmとしたが、プラズマの安

定性が若干低下した。試験番号 21 においては、金属線の線径を 0.01mm としたが、これによってプラズマが不安定になることがわかった。

【0098】(実験 3) 実験 1 で使用した CF<sub>4</sub> は、フッ素ラジカルを発生し、このフッ素ラジカルにより、種々の材質をエッチング又はクリーニングするハロゲン系腐食性ガスである。実験 1 において電磁波透過層を構成する窒化アルミニウムの各性質を測定した。この結果、誘電体損失  $\tan \delta$  が  $0.6 \times 10^{-3}$  (1MHz) であり、耐熱衝撃性  $\Delta T_c$  が 250°C であった。そして、実験 1 の試験番号 2 の試料について、電磁波透過層の表面を EDAX チャート及び走査型電子顕微鏡写真によって観測して見た。この結果、EDAX チャートにおいて、実験の前後で変化は見られなかった。走査型電子顕微鏡写真によると、実験後には、電磁波透過層の表面に、アルミニウムのフッ化物が生成しているようであった。従って、フッ素ラジカルによる腐食が、AlF<sub>3</sub> のパッシベーション膜により抑制されているため、電磁波透過層の表面の腐食が防止されているものである。また、この AlF<sub>3</sub> のパッシベーション膜は、パーティクル等を生じないことも確認した。

【0099】(実験 4) 上記の実験 1 の試験番号 2 において、更に、半導体製造装置内に導入するガスを、ClF<sub>3</sub>、NF<sub>3</sub>、Cl<sub>2</sub>、SiH<sub>4</sub>、Cl<sub>2</sub>、CF<sub>4</sub> ガスにそれぞれ変更し、実験 3 と同様の観察を行ったが、いずれの場合も、実験 3 と同様の結果が得られた。従って、本発明のプラズマ発生電極装置は、各種のハロゲン系腐食性ガスに対して、汎用性があることを確認した。

【0100】(実験 5) 図 13 および図 14 に示すプラズマ発生電極装置 57 を製造した。この際、基体 58 を構成する材質としては、実験 1 と同様の窒化アルミニウムを使用した。電極 59 を構成する網状体としては、線径 0.12、1 インチ当たりの交差本数が 50 本のモリブデン製メッシュを使用し、このメッシュを窒化アルミニウム成形体中に埋設する前に圧延加工した。このメッシュおよび各端子を窒化アルミニウム成形体中に埋設し、これらを一体焼結させた。ここで、電極 59 と基体の内側面 61 との間の間隔  $e$  を 1mm とした。

【0101】高周波電源として、周波数 13.56MHz、2kW のものを使用した。放電状態を安定にするため、電源と高周波電極との間のケーブルにはマッチングボックスを挿入した。この状態で内側空間 63 内に安定してプラズマが生成することを確認した。

【0102】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のプラズマ発生電極装置は、発生したプラズマに対して十分な耐蝕性を備えており、プラズマシースを安定に生成させることができ、この結果、プラズマ放電を安定させることができ、エッチング、CVD、PVD 等の各処理を、その全面にわたって安定に実施できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例に係るプラズマ発生電極装置 10 を半導体製造装置内に設置した状態を模式的に示す部分断面図である。

【図 2】図 1 のプラズマ発生電極装置のうち一部を切り欠いて示す斜視図である。

【図 3】メッシュからなる網状電極 3 を示す斜視図である。

【図 4】(a) は、一軸プレス型における成形工程を説明するための模式的断面図であり、(b) は、成形体 21 を示す断面図であり、(c) は、プラズマ発生電極装置の本体を概略的に示す断面図である。

【図 5】コールドアイソスタティックプレス法による成形体を示す断面図である。

【図 6】(a)、(b) および (c) は、それぞれ高周波電極として好適な網状電極の各形態を例示するための断面図である。

【図 7】(a) は高周波電極として好適なパンチングメタル 24 を示す斜視図であり、(b) は、高周波電極として使用できる円形の薄板 25 を示す斜視図であり、(c) は、高周波電極として使用できる薄板 26 を示す平面図である。

【図 8】本発明の他の実施例に係るプラズマ発生電極装置 40 を半導体製造装置内に設置した状態を模式的に示す部分断面図である。

【図 9】従来の誘導結合型のプラズマ発生電極装置の一例を概略的に示す断面図である。

【図 10】(a) は、本発明の実施例に係る誘導結合型のプラズマ発生電極装置 46 を概略的に示す断面図であり、(b) はこの基体 42 中に埋設されている網状電極 46 を示す平面図である。

【図 11】(a) は、本発明の他の実施例に係る誘導結合型のプラズマ発生電極装置 49 を概略的に示す平面図であり、(b) は、(a) の装置の X I b - X I b 線断面図である。

【図 12】(a) は、本発明の更に他の実施例に係る誘導結合型のプラズマ発生電極装置 55 を概略的に示す平面図であり、(b) は、(a) の装置の X I I b - X I I b 線断面図である。

【図 13】本発明をドーム形状を有する誘導結合型のプラズマ発生電極装置に対して適用した装置 57 を概略的に示す正面図である。

【図 14】図 13 のプラズマ発生電極装置を概略的に示す断面図である。

【図 15】従来の赤外線加熱方式のサセプターを模式的に示す模式図である。

【符号の説明】

1 基体      1 a 設置面      2 端子      3 網状電極 (メッシュ)      4 電磁波透過層      6 高周波電源      10、40 プラズマ発生電極装置      11 ア

21

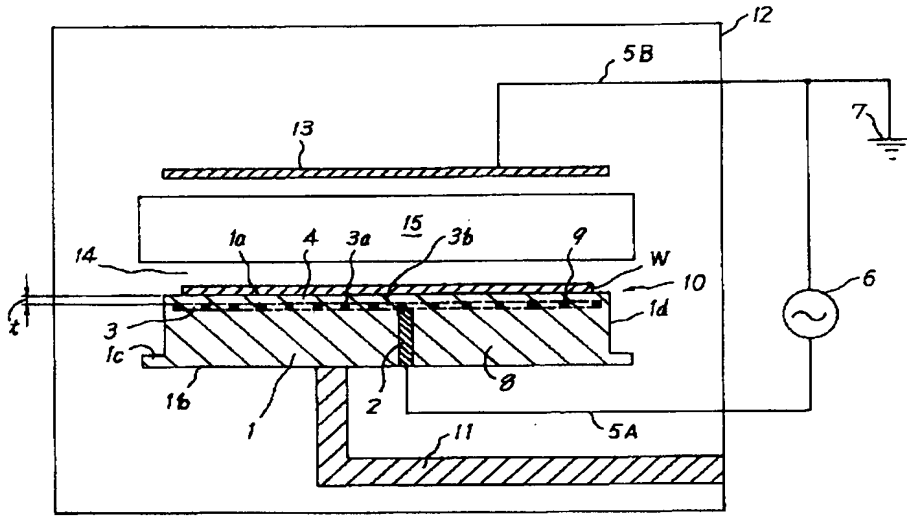
22

ーム 12 チャンバー 13 対向電極 14  
 プラズマシース 15 プラズマ発生領域 21 網  
 状電極 3 が埋設された成形体 22 A、22 B 一軸  
 プレスによる成形体 23 A、23 B コールドアイ  
 ソスタティックプレス法による成形体 24 パンチ  
 ングメタル 25 薄板状の電極 26 切り込み  
 が形成された薄板 36 A、36 B、36 C 横線

37 A、37 B、37 C 縦線 38 A、38  
 B、38 C 網状電極 42、50、58 基体 4  
 3、63 誘導結合型のプラズマが発生する内側空間  
 46、52、56、59 誘導結合型のプラズマ発生  
 電極装置の電極 47 A、47 B、51 A、51 B  
 誘導結合型のプラズマ発生電極装置の端子

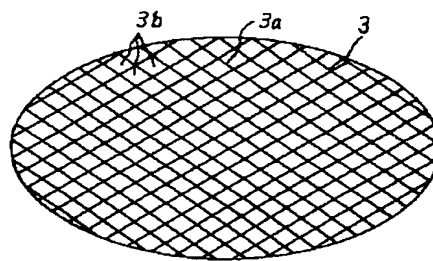
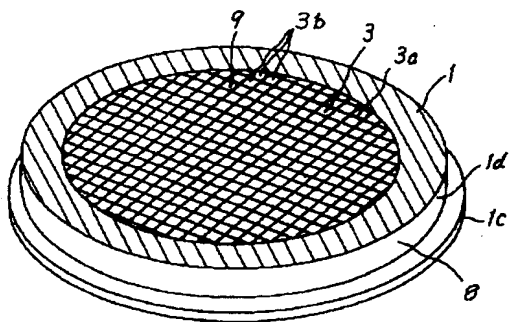
【図 1】

【図 15】



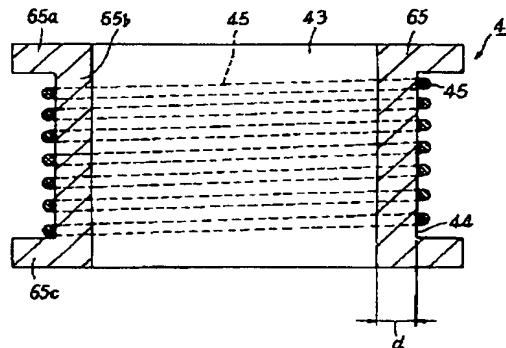
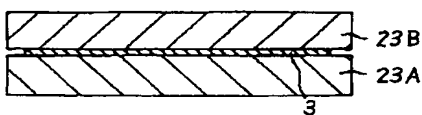
【図 2】

【図 3】

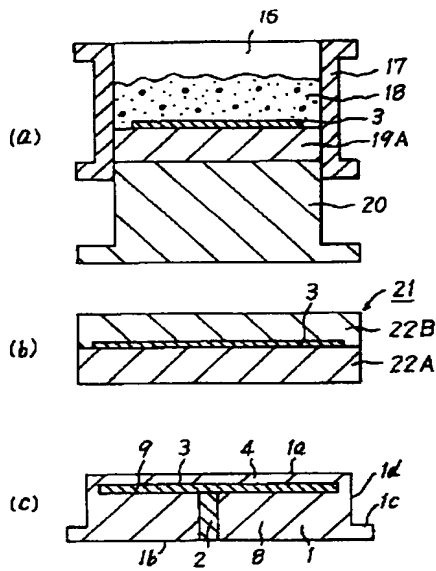


【図 9】

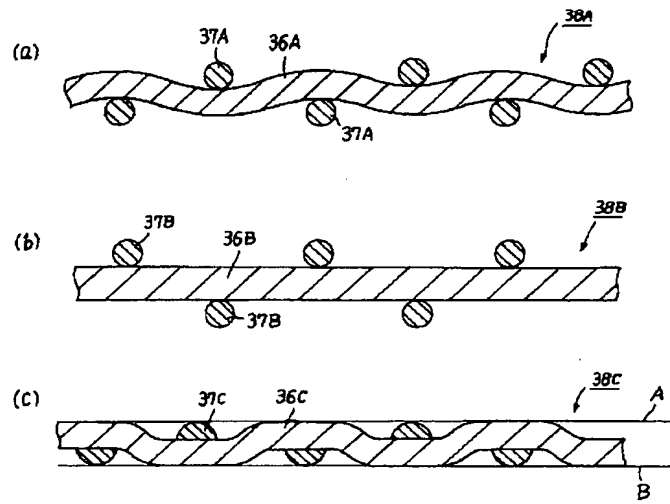
【図 5】



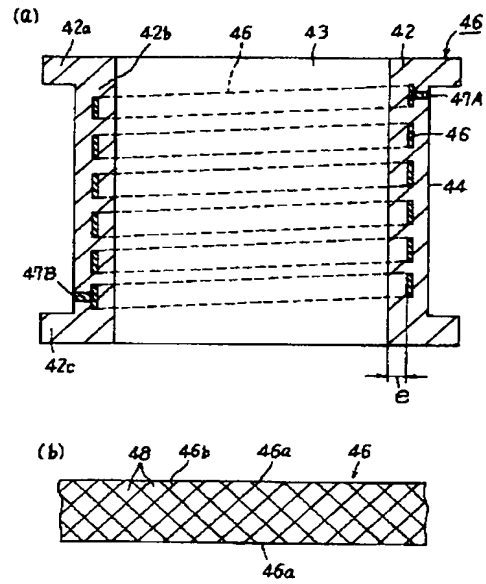
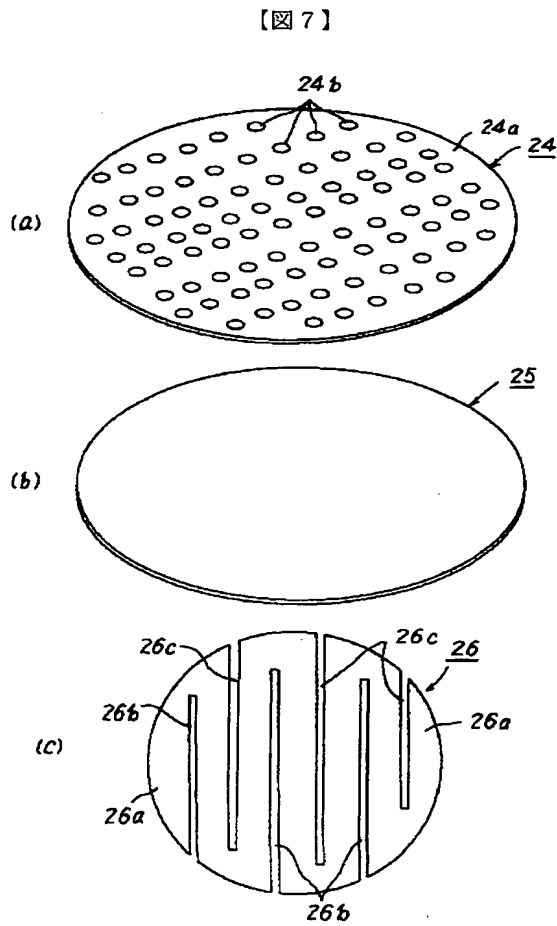
【図 4】



【図 6】



【図 10】









# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-078193

(43)Date of publication of application : 22.03.1996

(51)Int.Cl. H05H 1/46  
C23C 16/50  
C23F 4/00  
H01L 21/3065

(21)Application number : 07-165624

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 30.06.1995

(72)Inventor : USHIGOE RYUSUKE  
UMEMOTO KOUICHI

(30)Priority

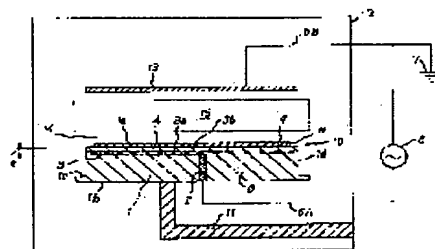
Priority number : 06149273 Priority date : 30.06.1994 Priority country : JP

## (54) PLASMA GENERATING ELECTRODE DEVICE AND PLASMA GENERATING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a plasma generating electrode device which has a sufficient corrosion resistance to a generated plasma, and can stably generate a plasma sheath and stably execute each treatment such as etching, CVD, PVD over the whole surface of a susceptor.

CONSTITUTION: This device has a base body 1 consisting of minute ceramics and an electrode 9 buried in the base body 1, and the minimum thickness of an electromagnetic wave transmitting layer 4 present between the electrode 9 and the surface 1a on plasma generating side of the base body 1 is set to 0.1mm or more. Preferably, the average value of thickness of the electromagnetic wave transmitting layer 4 is 0.5mm or more and less than 5.0mm, the electrode 9 is formed of a surface electrode consisting of a metal bulk body, and the base body 1 enclosing the electrode is formed of an integrated sintered product having no faying surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.11.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2813154

[Date of registration] 07.08.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]